EL MODELO HOSSFELD IV EN LA CONSTRUCCIÓN DE CURVAS ANAMÓRFICAS DE ÍNDICES DE SITIO

Velarde- Ramírez J.C.[1]. López – Barrios A.F. [2] Calvillo – Palominos J.L.[1].
(1) CECFOR 01 "Dr Manuel Martíinez Solórzano". (2) Asociación Regional Pachuca – Tulancingo A.C. Correo electrónico: jcvelarderamirez@gmail.com

I. INTRODUCCION

La calidad de estación representa la capacidad productiva de un área en relación a una especie determinada. Constituye el fundamento en la toma de decisiones para un adecuado manejo forestal.

A pesar de su relevante importancia, existen en todo el país vastas zonas forestales de valioso potencial y con aprovechamientos maderables, que carecen de estudios de calidad de estación y los patrones de crecimiento de las especies bajo manejo, en sus diversas condiciones ambientales.

Las curvas de índice de sitio son frecuentemente utilizadas para la determinación de la calidad de estación. El índice de sitio definido como la altura que alcanza un árbol dominante a una edad base, se estima para cada especie bajo el supuesto de que la altura de los árboles dominantes del sitio expresa la máxima altura alcanzable, y es escasamente afectada por la densidad del rodal. Este método presenta una expresión numérica, su medición es fácil y libre de la influencia de la densidad del rodal (Klepac, 1976)

Dependiendo de la naturaleza de las curvas de índice de sitio, se han clasificado en dos grandes grupos: anamórficas y polimórficas.

Clutter (1983) establece que las curvas anamórficas de índice de sitio son aquellas donde la altura del arbolado dominante de una curva a cualquier edad, representa una proporción constante de la altura a esa misma edad. La hipótesis básica en este tipo de curvas es que las tasas relativas de crecimiento entre sitios permanecen constantes pero su potencialidad máxima es variable.

Las curvas polimórficas están basadas en la hipótesis de que la tasa relativa de crecimiento en altura dominante es variable para todos los índices de sitio, lo que indica que existen distintos hábitos de crecimiento para las diferentes clases de sitio, pero la potencialidad máxima es única. Por lo tanto, expresado matemáticamente, las curvas anamórficas presentan una pendiente común y una interceptada al origen diferente para cada índice de sitio. Viceversa, las curvas polimórficas presentan una ordenada al origen común y una pendiente diferente para cada índice de sitio.(Aguilar, 1982)

El objetivo del presente documento es mostrar el uso sencillo del modelo Hossfeld IV en la construcción de curvas de índices de sitio de tipo anamórfico para *Pinus montezumae Lamb* en el área de influencia de *"La Asociación de Silvicultores de la Región Forestal Pachuca - Tulancingo A.C"*, que representa una importante zona forestal del Estado de Hidalgo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende la superficie territorial de la **UMAFOR**: Pachuca - Tulancingo con la clave 1303, con influencia en 28 municipios del Estado de Hidalgo.

Se utilizó la técnica del análisis troncal sobre una muestra de 101 árboles dominantes y representativos de las diversas condiciones del área de estudio, para obtener un error de estimación de 1.5 m y una potencia de 95% de confiabilidad. Los datos necesarios para el objetivo del estudio permiten conocer la relación de edad – altura.

La información de campo fue procesada con el paquete *InfoStat 2014*, y hojas de cálculo en Excel, probando el modelo Hossfeld IV cuya nomenclatura de notación matemática es:

$H= a/(1+_{exp}(-b)*(E^{\wedge(-c)}))$

Donde:

H= Altura dominante
a,b,c= Parámetros a estimarse
E= edad

En este caso se muestra el uso del modelo para la construcción de curvas de índice de sitio de tipo anamórfico por el método de la curva guía. Para el efecto se procesaron los pares de datos edad – altura, provenientes de los análisis troncales.

III. RESULTADOS

Una vez procesados los datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

***Cuadro 1**. Parámetros estimados modelo Hossfeld IV*

a	b	c
31.949838	-6.841296	1.938902

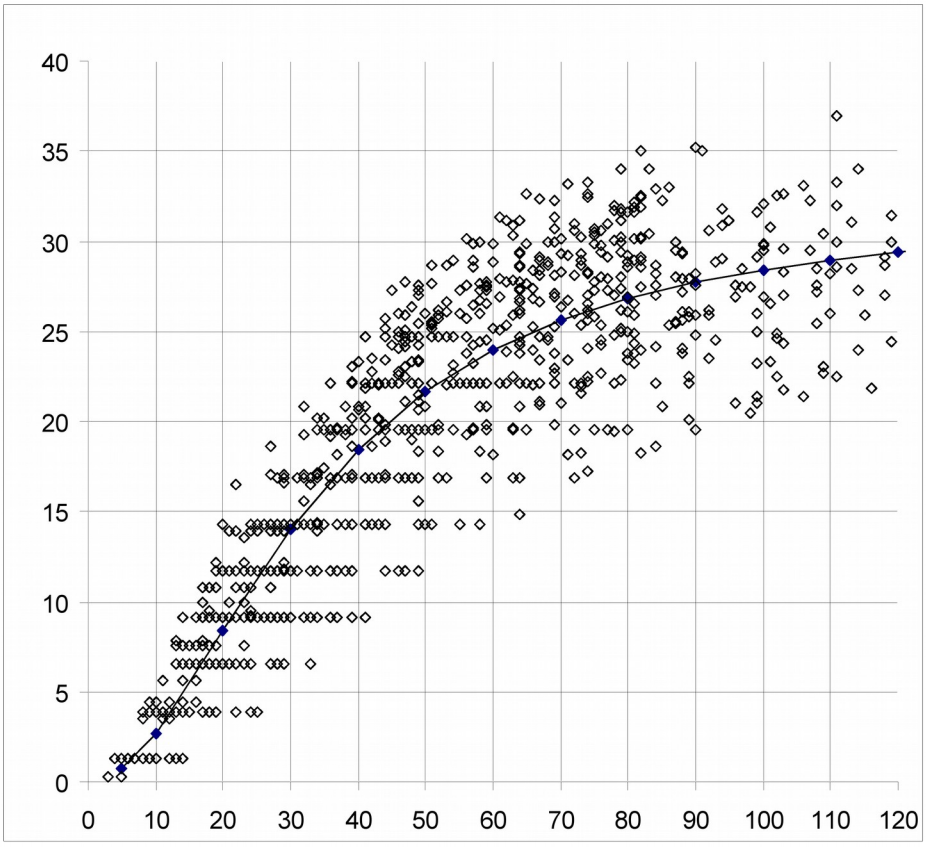
Ecuación resultante:

$H= 31.949838/(1+_{exp}(6.841296)*(E^{\wedge(-1.938902)}))$…….(ec. 1)

Empleando la ecuación se estimaron los valores del comportamiento medio de la altura dominante a una edad determinada.
***Cuadro 2**. Alturas estimadas*

Edad	**Altura (m)**
5	0.76
10	2.71
20	8.39
30	14.01
40	18.44
50	21.66
60	23.95
70	25.61
80	26.82
90	27.73
100	28.43
110	28.96
120	29.39

Gráfica No. 1. Comportamiento medio de la altura



Para la construcción de las curvas de índice de sitio de tipo anamórfico que representen las calidades de estación, se utilizó una edad base de 50 años, y se derivaron los valores de la ordenada al origen (a), manteniendo constante los valores de (b) y (c).

Por lo tanto:

$H= a/(1+_{exp}(-b)*(E^{\wedge(-c)}))$

Despejando:

$a=H*(1+_{exp}(-b)*E^{\wedge(-c)})$

En este caso (H) representa el valor del índice de sitio al que se determina el valor de (a).

De acuerdo al rango de alturas que se presenta a la edad base de 50 años, se determinó generar cinco curvas de índice de sitio con intervalos de 4 m, estimando su correspondiente valor de (a):

IS 12:
$a= 12*(1+_{exp}(6.841296)*(E^{\wedge(-1.938902)}))$ = 17.7040327 …….(ec. 2)

IS 16:
$a= 16*(1+_{exp}(6.841296)*(E^{\wedge(-1.938902)}))$ = 23.6053770 …….(ec. 3)

IS 20:
$a= 20*(1+_{exp}(6.841296)*(E^{\wedge(-1.938902)}))$ = 29.5067212 …….(ec. 4)

IS 24:
$a= 24*(1+_{exp}(6.841296)*(E^{\wedge(-1.938902)}))$ = 35.4080655 …….(ec. 5)

IS 28:
$a= 28*(1+_{exp}(6.841296)*(E^{\wedge(-1.938902)}))$ = 41.3094097 …….(ec. 6)

Sustituyendo los valores de *(a)* en la ecuación (1) se estiman los valores de altura a las diferentes edades en cada índice de sitio.

Como ejemplo, se estima la altura del árbol dominante a la edad de 40 años del IS 24:

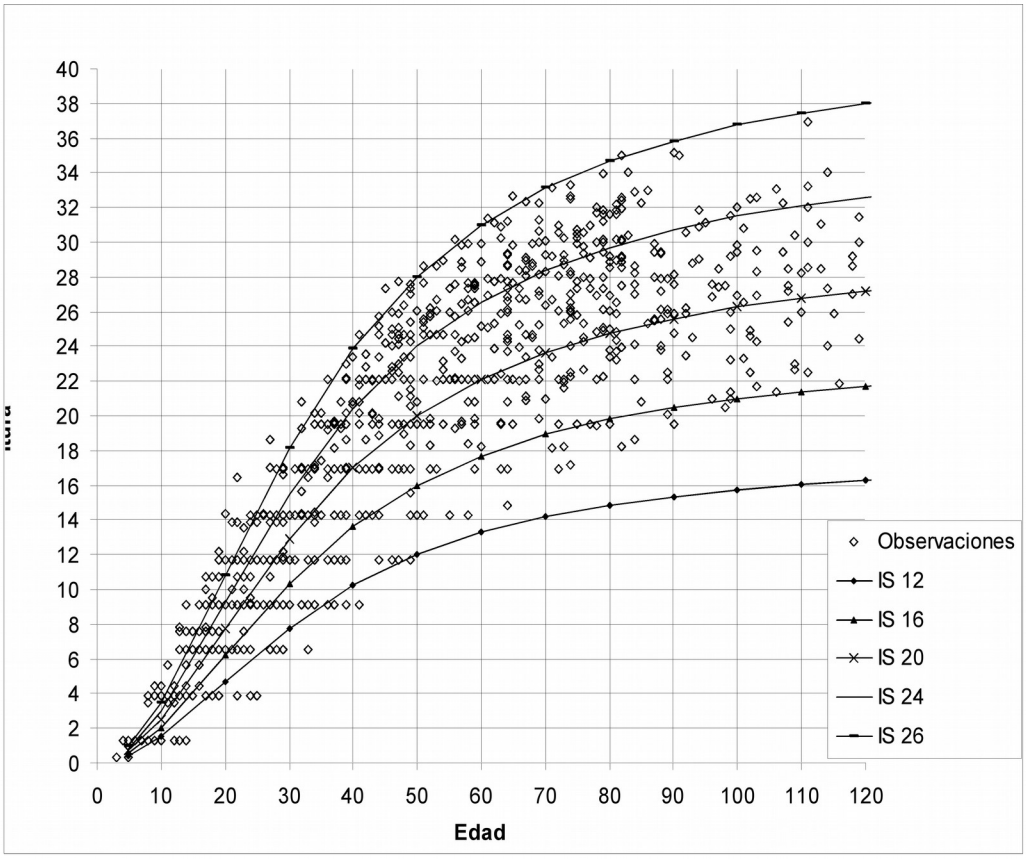
$H= 35.4080655 /(1+_{exp}(6.841296)*(40^{\wedge(-1.938902)}))$

H= 20.44 m.

Cuadro No. 3. Alturas estimadas por índice de sitio

Is	a	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
12	17.704033	0.42	1.50	4.65	7.77	10.22	12.00	13.27	14.19	14.86	15.37	15.75	16.05	16.29
16	23.605377	0.56	2.01	6.20	10.35	13.62	16.00	17.70	18.92	19.82	20.49	21.00	21.40	21.71
20	29.506721	0.70	2.51	7.75	12.94	17.03	20.00	22.12	23.65	24.77	25.61	26.25	26.75	27.14
24	35.408065	0.84	3.01	9.30	15.53	20.44	24.00	26.55	28.38	29.73	30.73	31.50	32.10	32.57
28	41.309410	0.98	3.51	10.84	18.12	23.84	28.00	30.97	33.11	34.68	35.86	36.75	37.45	38.00

Gráfica No. 2. Curvas anamórficas de índice de sitio (*P. montezumae*)



Por procedimientos algebraicos se deriva la siguiente ecuación que permite determinar la altura a una edad determinada y por lo tanto puede ser utilizada también para determinar las curvas de los diferentes índices de sitio;

H=IS*(1+exp(-b)*Eb^(c)) / (1+exp(-b)*E^(-c))

Donde:

IS= Altura dominante que se alcanza a una edad base (E)
H= Altura dominante a una edad determinada dependiente a IS
Eb= Edad base
E= Edad dependiente del índice de sitio

Existe otra alternativa en la que se utilizan sencillos procedimientos aritméticos que permiten estimar los valores de las alturas en los diferentes índices de sitio, derivados de la curva guía obtenida con algún modelo matemático o de forma manual. Para este caso:

Se determina un coeficiente de proporcionalidad (CP) para cada IS, a partir de la relación entre la altura que corresponda a la curva guía en la edad base, que en este ejemplo es de 50 años y altura de 21.66 m.

IS 12: CP= 12/21.66= 0.5540
IS 16: CP= 16/21.66= 0.7387
IS 20 CP= 20/21.66= 0.9234
IS 24 CP= 24/21.66= 1.1080
IS 28 CP= 28/21.66= 1.2927

Con estos coeficientes se estiman los valores de cada IS, por ejemplo el valor de la altura a la edad de 40 años del IS 24

H= (18.44) x (1.080)= 20.43 m

Cuadro No. 4. Alturas estimadas por índice de sitio con la curva guía

Edad	Curva Guía	12	16	20	24	28
5	0.76	0.42	0.56	0.70	0.84	0.98
10	2.71	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
20	8.39	4.65	6.20	7.75	9.30	10.85
30	14.01	7.76	10.35	12.94	15.52	18.11
40	18.44	10.22	13.62	17.03	20.43	23.84
50	21.66	12.00	16.00	20.00	24.00	28.00
60	23.95	13.27	17.69	22.11	26.54	30.96
70	25.61	14.19	18.92	23.65	28.38	33.11
80	26.82	14.86	19.81	24.76	29.72	34.67
90	27.73	15.36	20.48	25.60	30.73	35.85
100	28.43	15.75	21.00	26.25	31.50	36.75
110	28.96	16.04	21.39	26.74	32.09	37.44
120	29.39	16.28	21.71	27.14	32.57	37.99
Coef. de proporcionalidad		0.5540166	0.7386888	0.923361	1.108033	1.292705

IV. CONCLUSIONES

El modelo Hossfeld IV representa una buena alternativa para la construcción de curvas de índice de sitio.

Mostró un ajuste satisfactorio a los patrones de crecimiento en altura, representando satisfactoriamente la diversidad de condiciones ambientales y su efecto en la tendencia del crecimiento.

El proceso aritmético con base en la curva guía para determinar las curvas anamórficas de índice de sitio, es sencillo y proporciona los mismos resultados que con el proceso algebraico.

Es recomendable probar el ajuste de este modelo en su forma polimórfica, determinando los parámetros (b) y (c)

Con fundamento en la información generada en el presente estudio, hace posible que se elaboren los mapas de calidad de estación en cada programa de manejo forestal que se realice en la zona de influencia, tomando como base la información recabada en campo de las edades y alturas dominantes

Bibliografía Consultada

AGUILAR R. M. 1982**.** La ecuación de Schumacher y su aplicación en estudios del crecimiento y clase de sitio. Premio Nacional de administración Pública 1982. CIFO INIF. México,69 p.

BALZARINI M. G, GONZALEZ L., TABLADA M., CASANOVES F., DI RIENZO J.A., ROBLEDO C.W. 2008. *Manual del Usuario*, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

CEBALLOS, L. R. y B. PACHECO. 2009. Indice de sitio para *Abies religiosa*, *Pinus hartweggii*, *P. montezumae* y *P. teocote*, en el suelo de conservación del Distrito Federal. Tésis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales,. Chapingo, Estado de México. 79 p.

CLUTTER J., L., FORSTON, J.C., PIENAAR, L. V., BRISTER, G. H., and BAILEY, R. L.1983. In: Timber Management, a Quantitative Approach, John Wiley, New York. USA. p. 333

KLEPAC, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Departamento de Enseñanza e Investigaciones y Servicio en Bosques, Universidad Autónoma de Chapingo, México. 365 pp